

PAT-NO: JP02003101011A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003101011 A
TITLE: SEMICONDUCTOR DEVICE
PUBN-DATE: April 4, 2003

INVENTOR- INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MACHIDA, YUICHI	N/A

ASSIGNEE- INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOKYO DENPA CO LTD	N/A

APPL-NO: JP2001289860

APPL-DATE: September 21, 2001

INT-CL (IPC): H01L029/78, H01L021/365 , H01L033/00 ,
H01S005/327

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the quality of a semiconductor device having ZnO as the thin film material.

SOLUTION: A substrate 46 is formed with a single crystal of ZnO, whose lattice constant is equal to that of a ZnO thin film forming a channel layer 41, as that of the material. Thus, the channel layer 41, formed on the substrate 46, can be formed of the ZnO thin film of proper quality without crystal defects.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-101011

(P2003-101011A)

(43)公開日 平成15年4月4日(2003.4.4)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 01 L 29/78		H 01 L 21/365	5 F 0 4 1
21/365		33/00	D 5 F 0 4 5
33/00		H 01 S 5/327	5 F 0 7 3
H 01 S 5/327		H 01 L 29/78	3 0 1 B 5 F 1 4 0

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 6 頁)

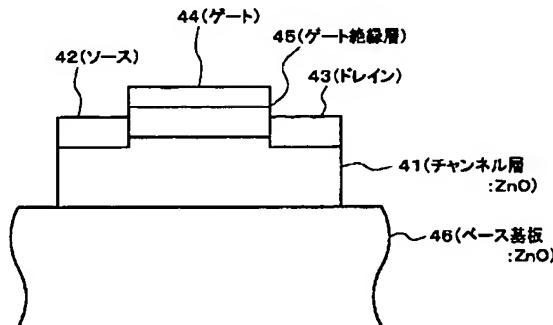
(21)出願番号	特願2001-289860(P2001-289860)	(71)出願人 000220664 東京電波株式会社 東京都大田区中央5丁目6番11号
(22)出願日	平成13年9月21日(2001.9.21)	(72)発明者 町田 雄一 東京都大田区中央5丁目6番11号 東京電波株式会社内
		(74)代理人 100086841 弁理士 脇 篤夫
		Fターム(参考) 5F041 AA11 CA02 CA41 CA63 5F045 AA03 AB22 AF06 CA05 CA10 5F073 AA42 CA22 DA07 EA05 5F140 AC36 BA00 BA10 BA16

(54)【発明の名称】 半導体デバイス

(57)【要約】

【課題】 ZnOを薄膜材料とした半導体デバイスの品質向上を図ること。

【解決手段】 チャンネル層41を形成するZnO薄膜と格子定数が等しい、ZnOの単結晶を材料として基板46を形成することで、基板46上に形成されるチャンネル層41を結晶欠陥のない高品質なZnO薄膜により形成することが可能になる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸化亜鉛の単結晶によって形成される基板と、上記基板上に酸化亜鉛を材料とした半導体層が形成されていることを特徴とする半導体デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体層が酸化亜鉛の薄膜によって形成される半導体デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来から、半導体デバイスにおいては、アモルファスシリコンや多結晶シリコンなどを薄膜材料として形成された半導体デバイスが広く用いられているが、近年、薄膜材料として酸化亜鉛(ZnO)が注目されており、ZnOを薄膜材料として形成した半導体デバイスを、例えば紫外線LED(LED:Light Emitting Diode)やレーザダイオード(LD:Laser Diode)、透明トランジスタなどの既存の半導体デバイスに応用したり、新たな用途への研究開発が進められている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、半導体デバイスを作成するにあたっては、ベース基板上に形成する薄膜の品質が、その電気的特性や光学的特性、信頼性(寿命)などに重大な影響を与えることが知られており、薄膜の品質が良好なほど、電気的、光学的特性や信頼性が良好なものとされる。

【0004】このため、ZnOを薄膜材料とした半導体デバイスを作成する場合には、ベース基板上に結晶欠陥のない高品質のZnO薄膜を形成することが重要となる。薄膜の品質を決定する要因に薄膜材料とベース

【0007】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明はこのような点を鑑みてなされたものであり、ZnOを薄膜材料とした半導体デバイスの品質向上を図ることを目的とする。

【0008】上記目的を達成するため、本発明の半導体デバイスは、酸化亜鉛の単結晶によって形成される基板と、基板上に酸化亜鉛を材料とした半導体層が形成されている。

10 【0009】本発明によれば、半導体層を形成する基板を、半導体層の材料である酸化亜鉛と格子定数が等しい、酸化亜鉛の単結晶を用いて形成するようにしているため、基板上に形成される半導体層の薄膜を結晶欠陥のない高品質なものとすることが可能になる。

【0010】

【発明の実施の形態】図1は、本実施の形態とされる半導体デバイスの構造の一例を示した断面図である。なお、図1には、半導体デバイスとして電界効果トランジスタ(Field Effect Transistor, FET)の構造が示されている。この図1に示す半導体デバイスは、半導体層であるチャネル層41、ソース42、ドレイン43、ゲート44、ゲート絶縁層45、基板46によって構成され、基板46の上には、チャネル層41が形成され、このチャネル層41上に、ゲート絶縁層45、ソース42及びドレイン43が形成される。そして、ゲート絶縁層45上にゲート44が形成されている。

【0011】そして、このように構成された本実施の形態の半導体デバイスにおいては、基板46を酸化亜鉛(ZnO)の単結晶により形成したうえで、この基板46上にZnO薄膜によってチャネル層41を形成するようにしている。つまり、本実施の形態においては、基

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-101011

(P2003-101011A)

(43)公開日 平成15年4月4日 (2003.4.4)

(51)Int.Cl.⁷

H 01 L 29/78
21/365
33/00
H 01 S 5/327

識別記号

F I

テ-マコ-ト⁸ (参考)

H 01 L 21/365
33/00
H 01 S 5/327
H 01 L 29/78

5 F 0 4 1
D 5 F 0 4 5
5 F 0 7 3
3 0 1 B 5 F 1 4 0

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 6 頁)

(21)出願番号

特願2001-289860(P2001-289860)

(22)出願日

平成13年9月21日 (2001.9.21)

(71)出願人 000220664

東京電波株式会社

東京都大田区中央5丁目6番11号

(72)発明者 町田 雄一

東京都大田区中央5丁目6番11号 東京電波株式会社内

(74)代理人 100086841

弁理士 脇 篤夫

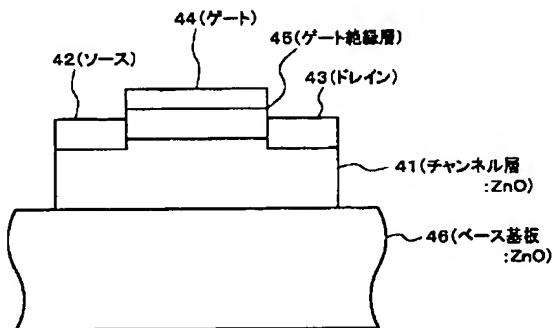
Fターム(参考) 5F041 AA11 CA02 CA41 CA63
5F045 AA03 AB22 AF06 CA05 CA10
5F073 AA42 CA22 DA07 EA05
5F140 AC36 BA00 BA10 BA16

(54)【発明の名称】 半導体デバイス

(57)【要約】

【課題】 ZnOを薄膜材料とした半導体デバイスの品質向上を図ること。

【解決手段】 チャンネル層41を形成するZnO薄膜と格子定数が等しい、ZnOの単結晶を材料として基板46を形成することで、基板46上に形成されるチャンネル層41を結晶欠陥のない高品質なZnO薄膜により形成することが可能になる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸化亜鉛の単結晶によって形成される基板と、上記基板上に酸化亜鉛を材料とした半導体層が形成されていることを特徴とする半導体デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体層が酸化亜鉛の薄膜によって形成される半導体デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来から、半導体デバイスにおいては、アモルファスシリコンや多結晶シリコンなどを薄膜材料として形成された半導体デバイスが広く用いられているが、近年、薄膜材料として酸化亜鉛 (ZnO) が注目されており、ZnOを薄膜材料として形成した半導体デバイスを、例えば紫外線LED (LED : Light Emitting Diode) やレーザダイオード (LD ; Laser Diode)、透明トランジスタなどの既存の半導体デバイスに応用したり、新たな用途への研究開発が進められている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、半導体デバイスを作成するにあたっては、ベース基板上に形成する薄膜の品質が、その電気的特性や光学的特性、信頼性（寿命）などに重大な影響を与えることが知られており、薄膜の品質が良好なほど、電気的、光学的特性や信頼性が良好なものとされる。

【0004】このため、ZnOを薄膜材料とした半導体デバイスを作成する場合には、ベース基板上に結晶欠陥のない高品質のZnO薄膜を形成することが重要になる。薄膜の品質を決定する要因は、薄膜材料と、ベース基板材料との格子定数の差が挙げられ、この格子定数の差が小さいほど結晶欠陥のない薄膜を成膜できることが知られている。なお、格子定数とは、結晶内で規則正しく並んでいる原子の配列間隔を示すものである。

【0005】そこで、例えばベース基板上に極めて高品質のZnO薄膜を形成するには、ベース基板をZnO薄膜と格子定数が同じZnOの単結晶によって形成することができるが、これまでの技術では、ベース基材として利用ができるZnOの単結晶を育成することができなかった。

【0006】このため、ZnO薄膜を形成した半導体デバイスを作成する際には、ZnOの単結晶と格子定数が比較的近いサファイアなどにより形成したベース基板を用いるようにしていた。しかしながら、サファイアとZnOの単結晶との間では、格子定数が18%程度異なるため、サファイアにより形成したベース基板上に高品質のZnO薄膜を形成することができず、結果的には、ZnOの薄膜によって半導体層が形成された半導体デバイスの品質向上を図ることができなかった。

【0007】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明はこのような点を鑑みてなされたものであり、ZnOを薄膜材料とした半導体デバイスの品質向上を図ることを目的とする。

【0008】上記目的を達成するため、本発明の半導体デバイスは、酸化亜鉛の単結晶によって形成される基板と、基板上に酸化亜鉛を材料とした半導体層が形成されている。

10 【0009】本発明によれば、半導体層を形成する基板を、半導体層の材料である酸化亜鉛と格子定数が等しい、酸化亜鉛の単結晶を用いて形成するようしているため、基板上に形成される半導体層の薄膜を結晶欠陥のない高品質なものとすることが可能になる。

【0010】

【発明の実施の形態】図1は、本実施の形態とされる半導体デバイスの構造の一例を示した断面図である。なお、図1には、半導体デバイスとして電界効果トランジスタ (Field Effect Transistor、FET) の構造が示されている。この図1に示す半導体デバイスは、半導体層であるチャネル層41、ソース42、ドレイン43、ゲート44、ゲート絶縁層45、基板46によって構成され、基板46の上には、チャネル層41が形成され、このチャネル層41上に、ゲート絶縁層45、ソース42及びドレイン43が形成される。そして、ゲート絶縁層45上にゲート44が形成されている。

【0011】そして、このように構成された本実施の形態の半導体デバイスにおいては、基板46を酸化亜鉛 (ZnO) の単結晶により形成したうえで、この基板46上にZnO薄膜によってチャネル層41を形成するようしている。つまり、本実施の形態においては、基板46をこれまで実現することができなかったZnOの単結晶によって形成することで、基板46とチャネル層41の格子定数を等しくするようしている。したがって、本実施の形態によれば、基板46上に形成するチャネル層41を、結晶欠陥が殆どない高品質のZnO薄膜とができるので、半導体デバイスの電気的特性や光学的特性、信頼性を飛躍的に向上させることができる。

40 【0012】なお、本実施の形態では半導体デバイスとしてTFTの構造を例に挙げて説明したが、これはあくまでも一例であり、ZnOを薄膜材料として形成される半導体デバイスであれば、例えば紫外線LEDやレーザダイオード、透明トランジスタなどの半導体デバイスであっても適用することができる。

【0013】以下、本出願人が本発明に至った背景について説明しておく。これまで、本実施の形態において半導体デバイスの基板として利用しているZnOの単結晶は、ZnOの単結晶を水熱合成法によって育成する際に、原料の溶解液として強アルカリ溶液を用いるため、

育成容器であるオートクレーブの主材（鉄）が腐食して単結晶に不純物として混入してしまうため、純度の高いZnOの単結晶を育成することができないという問題があった。

【0014】そこで、本出願人は、例えばZnOなどの強アルカリ溶液又は強酸溶液を溶解液として用いて単結晶を育成する場合でも、不純物が混入することなく、極めて純度の高い単結晶を育成することができる単結晶育成容器を提案した（特願2001-255151号）。これにより、これまで育成することが出来なかつた極めて純度の高いZnOの単結晶を育成することが可能になった。

【0015】しかしながら、本出願人が提案した単結晶育成容器を用いてZnOの単結晶の育成を行つたとしても、現状では、例えば半導体デバイスなどのベース基材などの工業用途に利用可能な大きさまで育成できる種結晶が存在しないため、半導体デバイスなどのベース基材として実用可能なZnOの単結晶を育成するまでに至らなかつた。

【0016】ここで、図7を用いて、ZnOの単結晶を育成する際に用いる種結晶と、種結晶から育成されるZnOの単結晶の大きさの関係について説明しておく。図7は、単結晶育成装置内において育成されるZnOの単結晶の様子を模式的に示した図である。この図7に示すように、ZnOの種結晶100は、育成装置内の育成溶液によってZnOの単結晶が付着することで、その口径（直径）がr1→r2→r3の順に徐々に成長していくことになる。なお、直径方向の成長に比べると僅かではあるが、結晶は上下方向にも成長していくことになる。この場合、ZnOの単結晶は、その上下部分が角錐形状（或いは円錐形状）で、中央部分が角柱形状（或いは円柱形状）となるように成長していくことになる。このとき、ZnOの単結晶の上下部分は、単結晶が成長して、その口径が大きくなるにしたがって徐々に長くなっていくため、ベース基材として利用可能な角柱部分の長さがx1→x2→x3の順に徐々に短くなっていくことになる。

【0017】つまり、育成されるZnOの単結晶の大きさと、種結晶の長さとの間には比例関係があり、種結晶の長さを長くすれば、それだけ口径rが大きい、或いは角柱部分の長いZnOの単結晶を育成することができることになる。

【0018】したがって、例えば育成したZnOの単結晶の角柱部分を薄くスライスしてベース基材として利用するには、生産性の観点から、その口径rが1~3インチ以上で、しかも利用する角状部分ができるだけ長いほうが好ましいものとされる。しかしながら、実際には、半導体デバイス等のベース基材などに利用可能な大きさのZnOの単結晶を育成できる程度の長さを有する種結晶すら存在しないのが現状であった。

【0019】そこで、本出願人は、以下のようにしてZnOの種結晶を作成するようにした。図2は、そのZnOの種結晶の作成方法の一例を模式的に示した図である。この場合、先ず、図2(a)に示すように、ZnO種結晶を作成するうえで、ベースとなる基材1を用意する。基材1は、例えばサファイア基板やガラス基板など、その表面にZnO薄膜を成膜することができる材料によって形成される。また、基材1は、少なくとも何れか一辺の長さが、先に図7においても説明したように、例えば育成したZnOの単結晶の角柱部分から1~3インチ以上とされ、工業用途に利用可能な大きさのZnOの単結晶を育成するのに必要となる、種結晶の長さと同等、或いはそれ以上の長さとされる。なお、本実施の形態では基材1の形状を平板形状としているが、これはあくまで一例であり、基材1は例えば円板形状のものを用いることも可能である。

【0020】次に、図2(b)に示すように、基材1の表面に、エピタキシャル成長法の一である気相成長法（VPE；Vapor Phase Epitaxy）によってZnO膜2を成膜した後、図2(c)に示すように、このZnO膜2を成膜した基材1をブレード・ソー、又はワイヤー・ソーなどを用いて分割することで、図2(d)に示すように、工業用途に使用可能なサイズのZnOの単結晶を育成するのに必要な長さの種結晶3を作成することができる。

【0021】次に、上記のようにして作成した種結晶3を用いてZnOの単結晶を育成する育成方法の一例を図3を用いて説明する。図3は、本出願人が先に提案した単結晶育成容器を用いた単結晶育成装置51の一例を示した図である。この図3に示す単結晶育成装置51は、水熱合成法によって、ZnOの単結晶を育成する際に必要な温度及び圧力を、その内部に加えることができるオートクレーブ52と、このオートクレーブ52の内部に収容して使用する育成容器60とから構成される。オートクレーブ52は、例えば鉄を主材とした高張力鋼などによって形成されたオートクレーブ52の容器本体に、パッキン57を挟んで蓋部54を被せて、固着部55により固着することで、その内部を気密封止する構造となっている。

【0022】オートクレーブ52内に収容して使用する育成容器60は、例えば白金（Pt）などによって形成されており、その形状は略円筒状の容器とされる。そして、その上部には圧力調整部として作用するベローズ70が育成容器60の内部を密閉した状態で取り付けられている。

【0023】このような単結晶育成装置51では、育成容器60内の上部側にフレーム61と貴金属線（白金線）62を用いてZnO種結晶3を吊り下げると共に、その下部側に原料66を配置して種結晶3の育成を行うようにしている。この場合、ZnO種結晶3と原料66

との間には、熱対流を制御する内部バッフル板64が設けられており、この内部バッフル板64によって、育成容器60内が溶解領域と成長領域とに区切られている。内部バッフル板64には、複数の孔が形成されており、この孔の数によって決定されるバッフル板64の開口面積により、溶解領域から成長領域への対流量を制御して溶解領域と成長領域との間に温度差が得られるようになっている。

【0024】そして、この育成容器60内に、例えば水酸化ナトリウム(NaOH)、炭酸カルシウム(Na₂CO₃)、水酸化カリウム(KOH)などの強アルカリ溶液を注入し、またオートクレーブ52と育成容器60との間に伝熱のために例えば純水などの伝熱溶液67を注入して、ヒーター56、56···によって、オートクレーブ52を加熱することで、育成容器60内では、溶解領域において強アルカリ溶液に原料66が溶解した育成溶液71が生成され、この育成溶液71が内部バッフル板64を介して成長領域に供給されることで、ZnO種結晶3を育成するようにしている。

【0025】また、この図3に示す単結晶育成装置51では、育成容器60の外側に外部バッフル板65が設けられており、この外部バッフル板65により育成容器60の外側の対流を制限することで、育成容器60内の領域においてZnO種結晶3の成長に必要な温度差が得られるようにしている。

【0026】また、育成容器60の上部には、圧力調整部としてペローズ70が設けられており、このペローズ70の伸縮によって育成容器60の内部圧力と外部圧力の均衡を図るようにしている。

【0027】そして、このような単結晶育成装置51を用いて、水熱合成法により、種結晶3からZnOの単結晶の育成を行うことで、育成容器内60において不純物の混入が殆どなく、しかも図4に示すように工業用途に利用できる口径サイズrを有するZnOの単結晶10を育成することができるようになった。

【0028】従って、このZnOの単結晶10の上下に位置する角錐部分を取り除いた角柱部分を、例えば所定径となるように研磨した後、輪切りにスライスすれば、工業用途に利用可能な、すなわち半導体デバイスに利用可能なZnOウェハー11を作成することができるようになった。

【0029】但し、この場合は、図4に示すように、ZnOの単結晶10の中心部分には、種結晶3として用いたサファイア基板の部分が残るので、この場合は、ZnOの単結晶10からZnOウェハー11を作成することなく、例えばZnOの単結晶10に含まれている基材1の部分を除くように、縦方向にスライスすることで、ZnOの単結晶10から種結晶用の基材20を得て、この基材20を用いて新たな種結晶を作成するようにした。

【0030】図5は、基材20から種結晶を作成する際

の作成方法の一例を模式的に示した図である。この場合は、図5(a)に示すように、ZnOの単結晶10から切り出した基材20を、例えばブレード・ソー又ワイヤー・ソーなどを用いて、図5(b)に示すように分割して、工業用途に使用可能なZnOの単結晶の育成に必要な長さを有する種結晶21を作成するようにした。

【0031】従って、上記図3に示した単結晶育成装置51を用いて、再度、水熱合成法によって種結晶21からZnOの単結晶を作成すれば、再度、水熱合成法により育成すれば、育成容器内60において不純物の混入が殆どなく、しかも図6に示すように工業用途に利用できる口径サイズrを有するZnOの単結晶30を育成するに至った。特に、この場合は、ZnOの単結晶30の育成に使用する種結晶21にサファイア基板などが含まれていないので、ZnOの単結晶30から良質なZnOウェハー31を得ることができる。

【0032】従って、このようなZnOウェハー31を半導体デバイスの基板材料に用いて、この基板上にZnO薄膜を形成することで、結晶欠陥が殆どない高品質のZnO薄膜を形成できる半導体デバイスの発明実現に至った。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体デバイスは、半導体層を形成する基板を、半導体層の材料である酸化亜鉛と格子定数が等しい、酸化亜鉛の単結晶を用いて形成するようにしているため、基板上に形成される半導体層の薄膜を結晶欠陥のない高品質なものとすることが可能になる。これにより、酸化亜鉛を薄膜材料として構成する半導体デバイスの電気的特性や光学的特性、信頼性を飛躍的に向上させることができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態とされる半導体デバイスの構造の一例を示した断面図である。

【図2】ZnO種結晶の作成方法を模式的に示した図である。

【図3】本出願人が先に提案した単結晶育成容器を用いた単結晶育成装置の一例を示した図である。

【図4】ZnOの単結晶の一例を示した図である。

40 【図5】ZnO種結晶の作成方法の一例を模式的に示した図である。

【図6】ZnOの単結晶の一例を示した図である。

【図7】ZnOの種結晶と、この種結晶から育成されるZnOの単結晶の大きさの関係を説明するための説明図である。

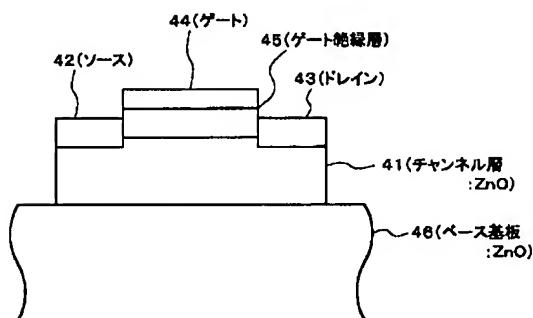
【符号の説明】

1 20 基材、2 ZnO膜、3 21 種結晶、10 30 ZnOの単結晶、11 31 ZnOウェハー、41 チャネル層、42 ソース、43 ドレイン、50 44 ゲート、45 ゲート絶縁層、46 基板、51

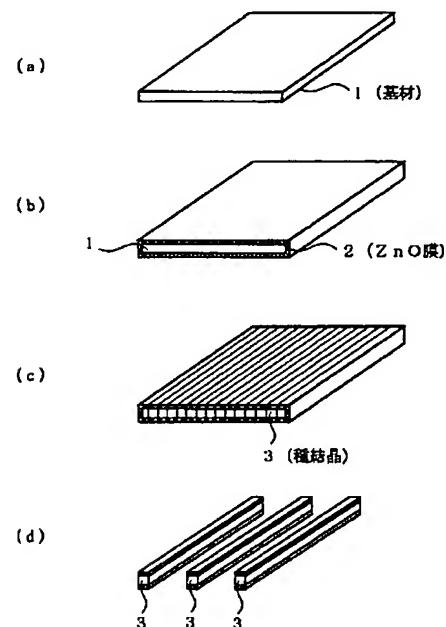
単結晶育成装置、52 オートクレーブ、54 蓋体、55 固着部、56 ヒーター、57 パッキン、60 育成容器、61 フレーム、62 白金線、64

内部バッフル板、65 外部バッフル板、66 原料、67 伝熱溶液、70 ベローズ、71 育成溶液、ZnO 酸化亜鉛

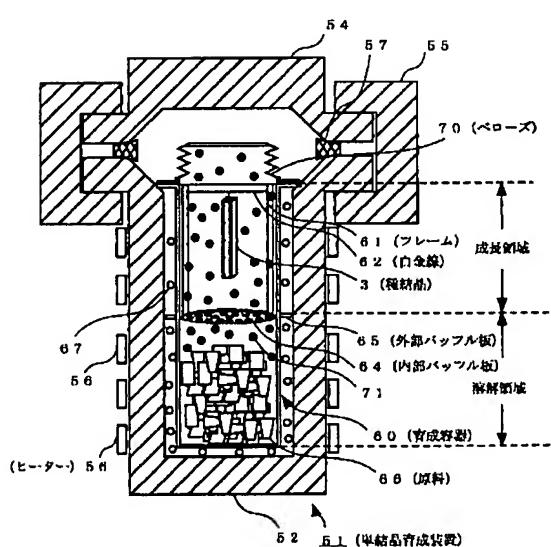
【図1】



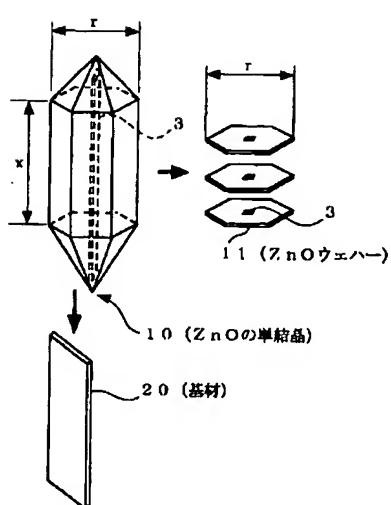
【図2】



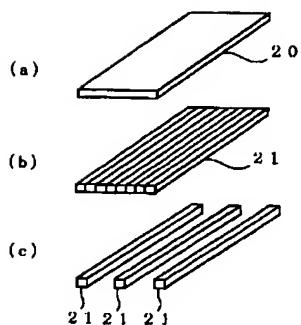
【図3】



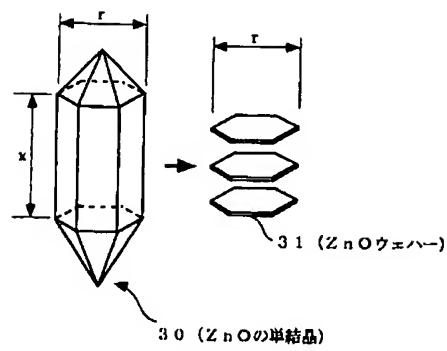
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

